植保會刊 18:79—90 (1976)

民國64年12月5日「水稻病蟲害
損失估計」研討會講稿

稻熱病對水稻產量損失估計[1]

Assessment of Yield Losses due to Rice Blast Disease

簡　錦　忠[2]

C. C. Chien

一、前言
二、過去研究概要
三、調查點的選定方法
四、目前本省所行方法
五、結語
六、參考文獻

摘要: 稻生育期間，皆有被稻熱病菌侵害之機會，但一般可分爲生育前期所發生的葉稻熱病及抽穗後所發生的穗稻熱病（包括穗頸、枝梗、穀粒、護穎稻熱病等），較爲明顯。兩者間之被害狀況不但有異，對產量之影響亦不同，則前者是間接的，而後者是直接的。如此欲估計其損失程度並非易事。通常稻熱病對水稻產量損失之研究方法，有(1)剪葉（模擬葉稻熱病被害程度），(2) 在同一塊稻田採集同級被害程度的樣本，(3)利用殺菌劑控制被害程度等。玆將國內外之估計方法予以介紹。

一、前　　言

稻熱病發生程度主要受自然的及人爲的誘因所支配，前者主要受氣候、地勢及土質等環境，後者係指品種、施肥方法及栽培方法等，因此每年之被害程度差異頗大。本省因氣候環境之關係，每年稻熱病之發生，第一期稻作比第二期稻作嚴重。據農林廳報告(5) 幾年來全省稻熱病（葉稻熱病和穗稻熱病）之發生面積，60年度爲 69,022 公頃; 61 年度 89,745 公頃; 62 年度 141,582公頃，63 年度 77,767 公頃。如此廣泛的發生面積，而對產量之影響如何? 有關這方面文獻極其缺乏。又因稻的葉片或穗部受稻熱病菌加害時，由其早期或晚期發生，以及被害程度不同，其對產量之差異頗大(7)，更增加損失估計之困難，故至今本省尙未有正確的估計方法。現介紹幾種損失估計方法，請各位會友多多指教。

二、過去研究概要

澤田、黑澤(8) 報告，於田間用人工的方法控制不同程度病蟲害之發生實有困難。故於稻不同生

1. 臺灣省農業試驗所報告第734號。
2. 臺灣省農業試驗所技正。

育期行人為的方法，剪除若干稻葉片，作為稻熱病或其他病蟲害之不同時期及不同為害程度，而測定其減產程度，即分別於 (1) 分蘖期及孕穗期各剪葉一次共計二次；(2) 孕穗期剪葉一次，每次剪葉程度自 10～100% 之間。供試品種第一期作短廣花螺（連續試驗3年），第二期作白殼（連續試驗2年），所得結果列於表一。

表一、剪葉對水稻減產之影響（澤田、黑澤 1927）

處理代號	剪葉程度（全葉的）(%)	剪葉時期		稻穀減收率 (%)		糙米減收率 (%)	
		分蘖後期	孕穗期	一期	二期	一期	二期
1	10	√*	√	14.0	10.6	14.8	8.3
2	20	√	√	18.5	17.6	21.1	14.9
3	30	√	√	22.0	17.5	22.4	15.2
4	50	√	√	30.8	33.3	30.8	31.2
5	70	√	√	44.4	48.7	45.1	45.0
6	90	√	√	65.4	61.1	66.3	62.8
7	10		√	9.7	12.1	12.2	15.7
8	30		√	13.1	21.3	12.9	22.0
9	50		√	27.0	24.0	27.9	13.5
10	70		√	32.8	36.3	37.0	40.6
11	100		√	58.0	55.8	57.4	58.2
12	對照			0.0	0.0	0.0	0.0

*：√表示剪葉，空白表示不剪

無論剪葉一次或二次，每一次剪葉數量愈多，影響產量愈大，則成為正比例。除少數外，一般都於分蘖後期與孕穗期各剪一次計剪兩次者，比孕穗期僅剪葉一次者，對產量之影響較大。

同氏等[9] 另觀察穗頸稻熱病之減收率，即供試在來稻3種（短廣花螺、鷺卵朮、硬尾）及日本稻2種（江戶、中村）。於四年間分別作 8 次試驗，每次自5公畝或 10 公畝中，栽培同一品種，於成熟期調查每稻叢平均穗數，而算出每坪的總穗數。自同一田裡將健全及被害穗分別採集同數量的稻穗，經充分乾燥後調查其產量，結果列於表二 (1)，(2)，(3)。

表二、穗頸稻熱病對水稻減產之影響（澤田、黑澤 1927）

(1) 健全區乾燥穀作 100 之健、病兩區比較 (%)

		乾燥穀	精選穀	粃	糙米	精選糙米	碎米
重量	健全	100.00	97.01	2.99	75.77	69.15	6.62
	罹病	53.01	41.80	11.20	29.91	19.61	10.30
	差	(−) 46.99	(−) 55.21	(+) 8.21	(−) 45.86	(−) 49.54	(+) 3.68

容量	健全	100.00	88.00	12.00	45.18	40.24	4.94
	罹病	86.06	42.60	43.47	19.35	12.17	7.18
	差	(－) 13.94	(－) 45.40	(＋) 31.47	(－) 25.83	(－) 28.07	(＋) 2.24

(2) 罹病區之減收率 (%)

		乾燥穀	精選穀	粃	糙米	精選糙米	碎米
重量	健全	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	罹病	53.01	43.09	374.58	39.47	28.36	155.59
	差	(－) 46.99	(－) 56.91	(×) 3.75	(－) 60.53	(－) 71.64	(×) 1.56
容量	健全	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	罹病	86.06	48.41	362.51	42.83	30.24	145.34
	差	(－) 13.94	(－) 51.59	(×) 3.62	(－) 57.17	(－) 69.26	(×) 1.45

(3) 健、病兩區的糙米大小之比較

	長 (mm)	寬 (mm)	厚 (mm)	體積 (mm^3)
健全	5.23 (100.00)	2.86 (100.00)	1.94 (100.00)	29.02 (100.00)
罹病	4.83 (92.35)	2.76 (96.50)	1.85 (95.36)	24.66 (84.98)

水稻抽穗後愈早被穗頸稻熱病加害，影響產量愈大，如果後期被感染時，尙有一些收穫。按此次結果觀之，乾燥穀的重量約減輕 47%，容量約減少 14%，又因罹病稻區的乾燥穀裡混合相當多量的粃，比健全區多達 3.7 倍，故精選穀之重量減輕約 57%，容量減少約 52% 之鉅。又精選糙米重量約減輕 72%、容量約減少 70%，反之罹病區的碎米重量或容量皆增加約 1.5 倍之多。再看，健全及罹病兩區的糙米大小，無論長、寬及厚度等罹病區糙米皆爲短而薄，很細小，直接影響到糙米的重量及容量。

田、黃[1] 於六十三年度第一期作在臺南縣白河鎭擧行葉稻熱病罹病程度與損失量之相關試驗。供試稻種爲臺南 5 號，試區之葉稻熱病罹病程度按病斑面積率分爲 0.2,0.5,1,2,5,11,25 及 55% 等八級，並每試區葉稻熱病發生至預定程度時，立即施用 50% 護粒松乳劑 (Hinosan E. C.) 控制，計施藥八次維持該區的罹病率，對其他病蟲害當於防治適期均施藥澈底防治。該期作稻作生育初期遇着長期低温，致臺南 5 號之生育日數達 142 天，比平年多出 22 天。故葉稻熱病於挿秧後第 60 天始發生 (分蘖後期至幼穗形成期)，比往年挿秧後 35 天 (分蘖初期) 遲延 25 天 (如圖一～1)。各區之產量經變方分析結果 (表三～1,2)，處理間 (不同罹病程度) 產量有極顯著差異。並於罹病程度 0.2% 之產量損失率爲 0 (基準)，其他各種罹病程度之產量及損失率如圖一～2。即各區之產量損失率爲罹病程度 2% (產量損失率 0%)，5% (3.5%)，11% (3.5%)，25% (13.0%)，55% (42.7%)。本試驗今年度亦繼續在臺北區農業改良場羅東分場進行中，期最近的將來能有最適合本省的損失估計方式。

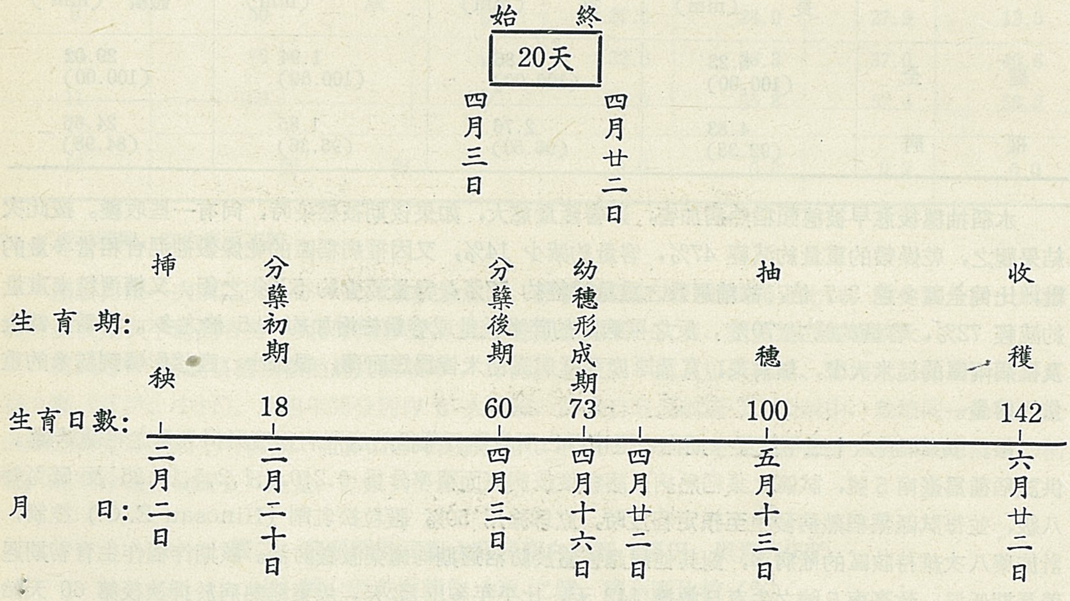
表三、變方及變積分析 (田、黃，1975)

1. 機差之變方再分析結果

變因	自由度	平方和	均方	F 值	理論 F 值 1%	理論 F 值 5%
廻歸	1	1.7927	1.7927	18.97**	8.10	4.35
離廻歸	20	0.1913	0.0096			
機差	21	1.9840	0.0945			

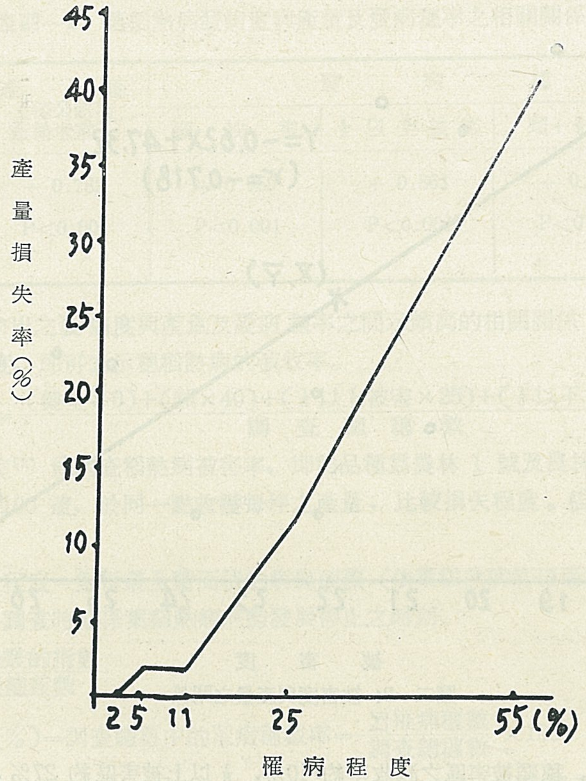
2. 矯正值變方分析結果

變因	自由度	平方和	均方	F 值	理論 F 值 1%	理論 F 值 5%
處理	7	1.1075	0.1582	16.48**	3.71	2.51
機差	20	0.1913	0.0096			
處理+機差	27	1.2988				

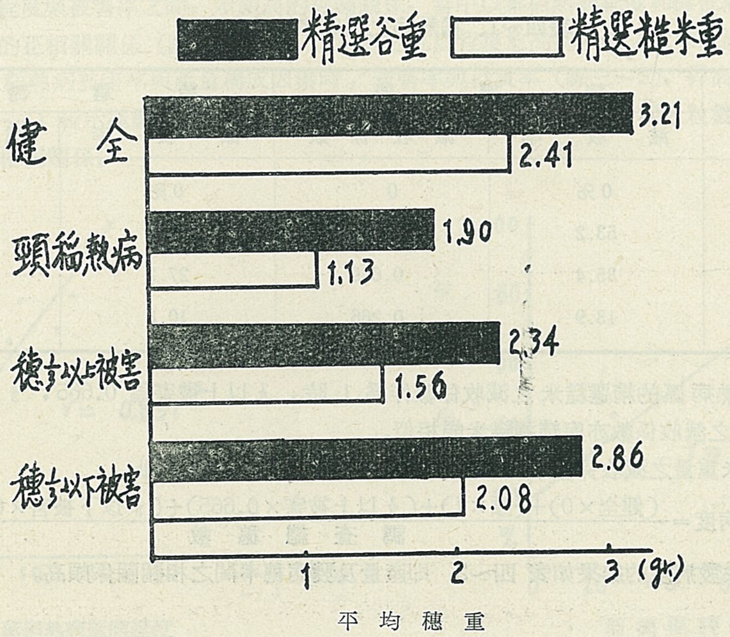


圖一~1: 葉稻熱病發生之期間 (田、黃，1975)

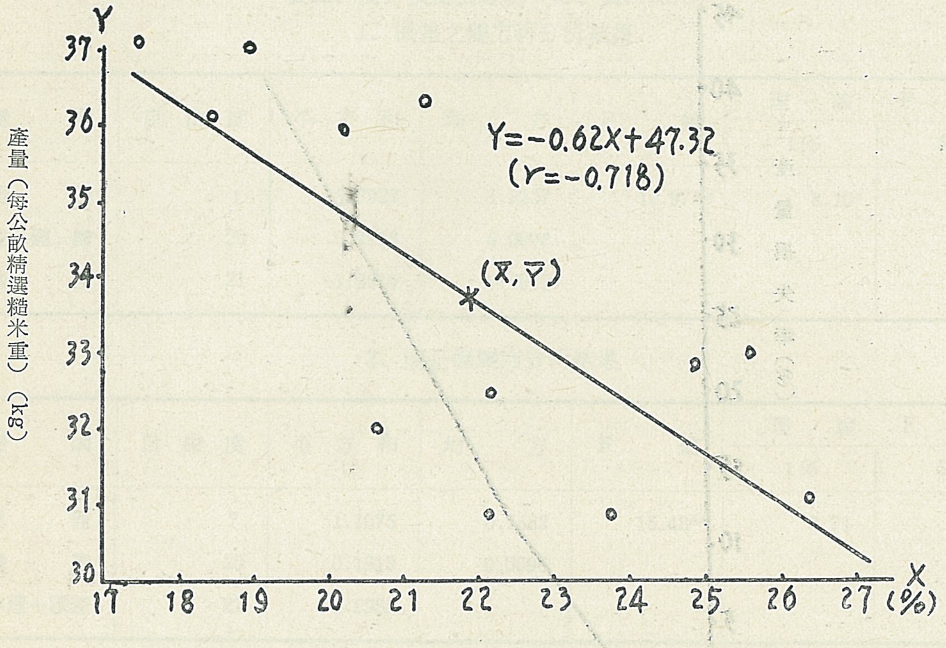
岩田、安部[4] 曾自藥劑試驗田裡 (六處理) 採集穗稻熱病被害標本，每施藥小區採 150 穗，無撒佈區 300 穗，並按健全、穗頸被害、一穗中 $\frac{1}{3}$ 以上被害及一穗中 $\frac{1}{3}$ 以下被害等分爲四級。然後求各級的平均穗重 (圖二)。即罹病程度愈高平均稻穗重量愈輕，被穗頸稻熱病加害的平均穗重僅有健全穗重量的約一半而已。又糙米的大小，罹病程度愈高，其糙米愈小，同時碎米反而愈多。另按平均



圖一~2: 葉稻熱病罹病程度與產量損失率曲線圖



圖二~1: 每穗平均精選穀重及精選糙米重之比較



圖二~2：被害度與產量之關係

糙米重量求減收程度者，穗頸被害區之減收率約 40%，$\frac{1}{3}$ 以上被害區約 27%，$\frac{1}{3}$ 以下被害區約 10%（表四~1）。

表四~1、稻熱病之減收率及減收係數

罹病程度	精選穀		精選糙米	
	減收率	減收係數	減收率	減收係數
健全	0%	0	0%	0
頸稻熱病	53.2	1	40.6	1
穗$\frac{1}{3}$以上被害	35.4	0.669	27.2	0.665
穗$\frac{1}{3}$以下被害	13.9	0.266	10.8	0.261

又如穗頸稻熱病區的精選糙米之減收係數作爲 1 時，$\frac{1}{3}$ 以上被害爲 0.665，$\frac{1}{3}$ 以下被害區爲 0.261。另精選穀之減收係數亦與精選糙米頗相似。

再據精選糙米重量之減收係數求發病度與產量及發病穗率之關係。即

$$\text{穗稻熱病發病度}=\frac{(\text{健全}\times 0)+(\text{頸}\times 1)+(\frac{1}{3}\text{以上被害}\times 0.665)+(\frac{1}{3}\text{以下被害}\times 0.261)}{\text{調查總穗數}}\times 100$$

據上列公式求發病度的結果如表四~2，即產量及發病穗率間之相關關係頗高。

表四～2、穗稻熱病發病度與產量及發病穗率之相關關係

與發病度之相關	產量（每公畝精選糙米重）	發病穗率（%）			
		頸被害	$\frac{1}{3}$以上被害	頸+$\frac{1}{3}$以上	$\frac{1}{3}$以下被害
相關關係	－0.782	＋0.959	＋0.861	＋0.959	＋0.695
顯著性標準（n=12）	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.01

據上列減收係數求出之發病度與產量及發病穗率之間示頗高的相關關係。再將簡略減收率的數值，可直接計算被害度，即可表示穗稻熱病的減收率。

$$\text{穗稻熱病被害度}=\frac{(\text{健全}\times 0)+(\text{頸}\times 40)+(\frac{1}{3}\text{以上被害}\times 25)+(\frac{1}{3}\text{以下被害}\times 10)}{\text{調查總穗數}}$$

北陸統計指導官室[2]曾調查稻熱病被害率，即稻品種爲農林 1 號及農林 21 號，調查 10 點，每點取樣 10 叢，計 100 叢，於同一點收穫每坪之產量，比較損失程度。稻熱病罹病程度之調查方法爲

1）葉稻熱病罹病程度＝對每叢全葉面積的病斑面積（依葉稻熱病病斑面積調查基準圖），並且用指數表示之，調查時期係葉稻熱病病勢發展停止之時期。

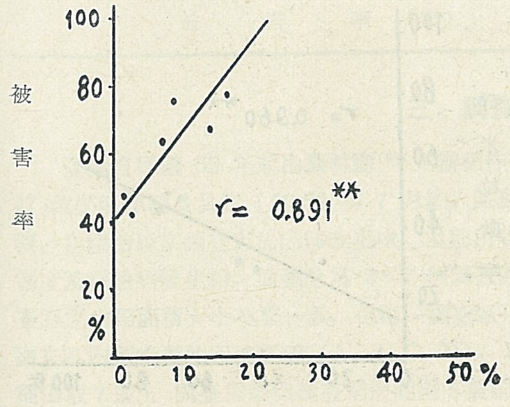
$$\frac{\Sigma\text{調查叢的指數}}{\text{調查總叢數}}$$

2）罹病穗數率（%）＝調查總穗中的罹病穗數率＝$\frac{\Sigma\text{罹病穗數}}{\text{調查總穗數}}\times 100$

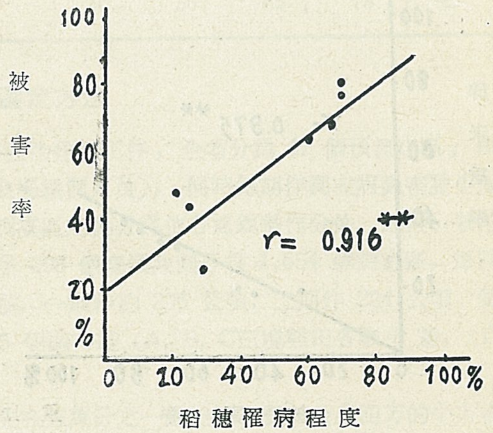
3）稻穗罹病程度＝健全穗作 0，完全不稔實穗作 100 之指數＝$\frac{\Sigma\text{調查穗指數}}{\text{調查總穗數}}$

據各罹病程度與被害率之間，示頗高的相關關係，當中以葉稻熱病程度和穗罹病程度與被害率之間，呈極顯著的正相關關係（圖三～1,2），則兩者之罹病程度愈高對產量之減收愈嚴重。

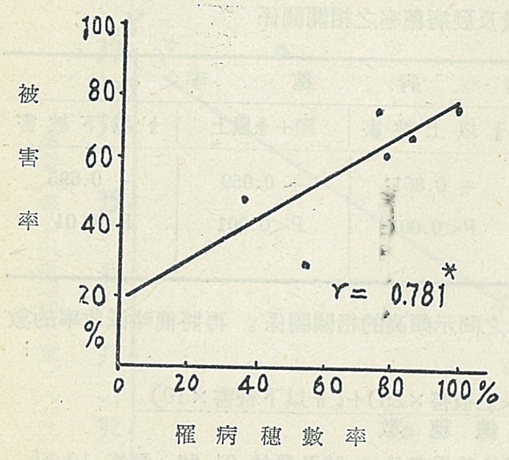
再觀，穗稻熱病被害率與產量構成因素時，被害率與稔實率（圖三～5），稈高（圖三～6）及糙米重率（圖三～4）皆示極顯著的負相關關係，但與碎米重率（圖三～7），碎米粒數率（圖三～8）都呈極顯著的正相關關係。



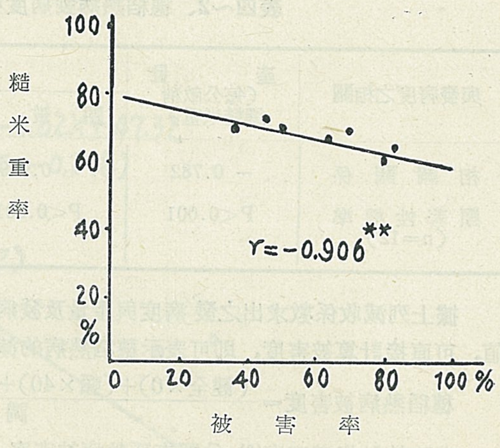
圖三～1：葉稻熱病罹病程度與被害率



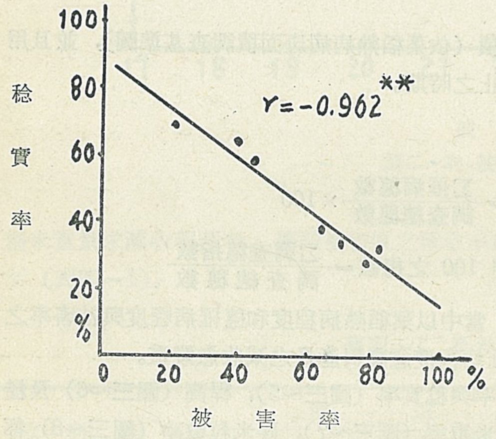
圖三～2：稻穗罹病程度與被害率



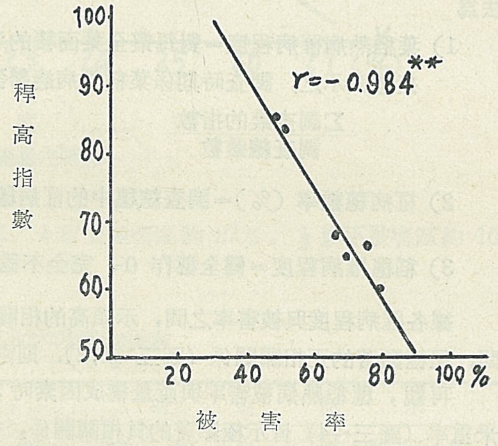
圖三～3: 罹病穗數率與被害率



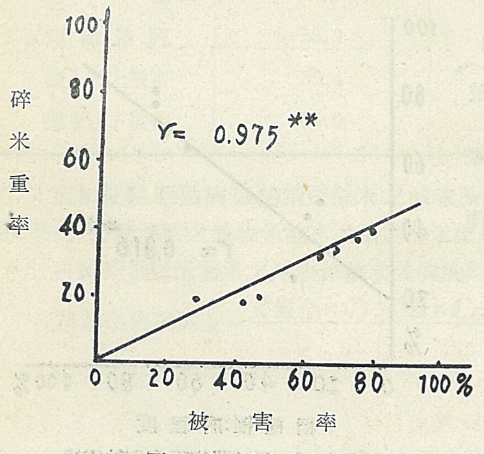
圖三～4: 被害率與糙米重率



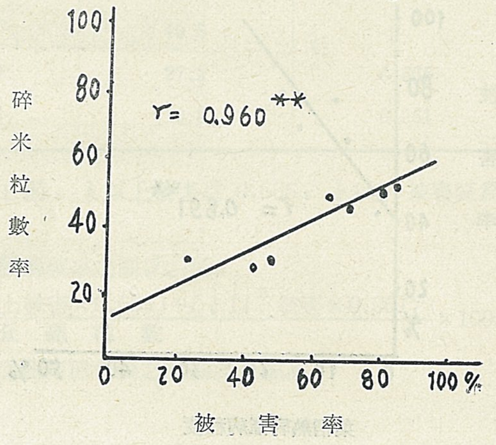
圖三～5: 被害率與稔實率



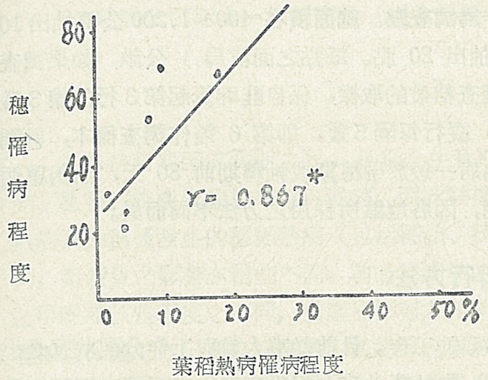
圖三～6: 被害率與稈高指數



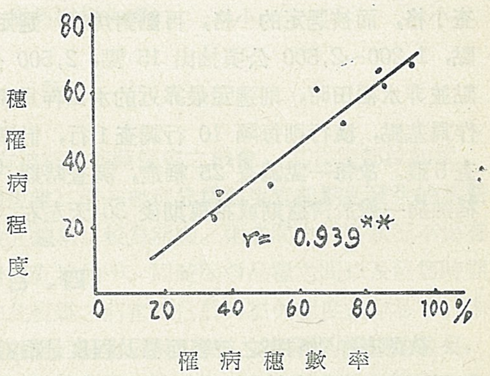
圖三～7: 被害率與碎米重率



圖三～8: 被害率與碎米粒數率



圖三～9：葉稻熱病罹病程度與穗罹病程度



圖三～10：罹病穗數率與穗罹病程度

已知穗罹病程度與減收之相關最爲顯著（圖三～2），現將該罹病程度求與葉稻熱病罹病程度及穗罹病穗數率之關係時，稻穗罹病程度與罹病穗數率之間，示極顯著的正相關關係（圖三～10），而與葉稻熱病罹病程度亦呈正相關關係（圖三～9）。

對減收影響最大的產量構成因素有稈高指數，稔實率，碎米重率及碎米粒數率等。其中稈高指數與減收之間，示極顯著的負相關關係，即可以說被葉稻熱病爲害嚴重時，稻叢呈萎縮，輕者稻之生育亦較衰弱，而會助長稈高及穗長之被害程度，如果穗稻熱病發生時，更增加其被害程度。故在估計減收率時，穗稻熱病爲主，並且與葉稻熱病合併估計才能正確。

$y=24.7+1.066x_2+0.554x_3$ $(r=0.937)$

y＝被害率

x_2＝葉稻熱病罹病程度

x_3＝穗罹病程度

被害程度	穗罹病程度	收穫時調查	30	40	50	60	70
	葉稻熱病罹病程度	最高分蘖期～孕穗期調查	0	5	10	15	20
被害率（%）			40	50	65	75	85

三、調查點的選定方法

臺灣自民國 55 年起由農林廳[6] 主辦稻作病蟲害發生預測工作，全省分爲 47 個預測小區，由 47 位小區預測員負責（自 59 年 7 月納入區農業改良場編制人員），同時每期作調查病蟲害發生面積。自開始以來調查方法已修改幾次。目前所執行的調查區之劃分爲依各鄉鎭稻作分佈、地形、栽培制度及稻熱病發生相，而劃分爲 3～7 個調查區，全省 298 個鄉鎭共劃分爲 1,654 個調查區，每調查區之水田面積大小不盡一致，但每一調查區平均面積，一期作約 206 公頃，二期作 224 公頃。每調查區內選毗鄰的四塊稻田（A, B, C, D），取樣 25 個調查叢（A, B, C三塊稻田各取 6 叢， D稻田取 7 叢），調查稻叢與調查稻叢間隔 5 叢稻叢。

日本一部份地方係利用 Osborne 氏方法， 首先在五萬分之一的地圖上劃一公分四方的小方格（每一格之面積爲 25 公頃），如果該格內的水稻田不足三分之一者不納入，並隨機抽樣法，選定調

查小格，而被選定的小格，再劃對角線，選定中心點作爲調查點。總面積在 400～1,200 公頃抽出 10 點，1,200～2,500 公頃抽出 15 點，2,500 公頃以上抽出 20 點。每點之面積爲 1 公畝，如果調查點並非水稻田時，則選定最靠近的水田作爲調查點。調查稻叢的取樣，係自畦畔算起第3行的第3叢作爲基點，橫行則每隔 10 行調查1行，計調查 5 行，縱行每隔5叢，即第 6 叢作調查標本，計調查5叢。故每一點調查 25 稻叢，調查時期，對葉稻熱病一般於孕穗期或抽穗期前 30 天，而對穗頸稻熱病一般於齊穗期或抽穗期後 30 天左右，或成熟期，因各地區所採用之方法不同而異。

四、目前本省所行方法

欲調查作物病害之被害面積及程度是相當繁重而困難的工作。目前從事人員與工作分配狀況是小區預測員——調查統計鄉鎮，小區（每小區平均六鄉鎮）內的稻熱病之損失率與被害面積；區預測員——彙集小區預測員資料，統計縣、區之稻熱病損失率、被害面積及損失量；農林廳彙集區預測員資料，統計全省稻熱病損失率、被害面積及損失量[6]。

損失估計統計方法爲：

損失量＝被害面積×損失率（由發生程度加以換算）×理論公頃產量

各項目統計方法如下：

1．被害面積＝罹病叢率×定點代表面積

註：1）罹病叢率係葉稻熱病（病斑面積率 0～2% 及 5 % 以上分別記載之）及穗稻熱病（稻穗被害 $\frac{1}{3}$ 以上，即算作被害穗）分別計算之。

2）葉稻熱病病斑面積率（%）$=\dfrac{\text{病斑面積}}{\text{全葉面積}}\times 100$ （不包括葉鞘及自然枯死葉）

依調查基準圖分爲 0,0.2,0.5,1,2,5,11,25,55,80,100% 及全叢枯死。

2．被害程度（%）＝葉稻熱病（按病斑面積率）

$$=(1)\frac{\Sigma\text{病斑面積率（0～2\%）}}{\text{罹病叢數}}\qquad (2)\frac{\Sigma\text{病斑面積率（5\%以上）}}{\text{罹病叢數}}$$

$$\text{穗稻熱病罹病指數}=\frac{(80\times \text{C穗數})+(50\times \text{B穗數})+(20\times \text{A穗數})}{\text{罹病叢總穗數}}$$

註：A＝一穗內 $\frac{1}{3}$ 不稔（包括不完全穀粒）之穗數

B＝一穗內 $\frac{1}{2}$ 不稔（包括不完全穀粒）之穗數

C＝一穗內 $\frac{2}{3}$ 以上不稔（包括不完全穀粒）之穗數

3．損失率（%）＝以罹病程度之數字對照損失率表（暫用）換算

葉稻熱病損失率換算基準

病斑面積率（%）	5	5.1	10	20	25	30	35	40
損失率（%）	0.01	0.1	5	15	25	30	35	40

穗稻熱病損失率換算基準

罹病指數（%）	1	20	40	60	80
損失率（%）	0.75	15	40	60	90

4. 理論公頃產量＝田間產量（糧食局資料）×（1＋稻熱病損失率）

五、結　　語

稻自秧苗期至成熟期之間，即稻全生育期間，皆有被稻熱病菌侵害之機會，其爲害部位如葉、節、穗頸、枝梗及穀粒等都可發病。因此稻被害狀況頗複雜，但一般可分爲稻生育前期所發生的葉稻熱病及抽穗後發生的穗稻熱病（包括穗頸、枝梗、穀粒之總稱）較爲明顯。兩者間之被害狀況不但有異，對產量之影響亦稍些不同。前者爲間接的，而後者爲直接的(3)。同時因稻品種之間以及發病時期之早晚或被害程度之不同，對產量影響之差異頗大，如此複雜之病害欲估計其損失程度並非易事。本省植物保護工作已具良好基礎，植物保護方法的制定與推廣，皆有成規可循，並且獲得優良的效果，但植物病蟲害爲害可引起多少損失，至今尚缺整套的方法，期今後植物保護工作人員與統計專家合作，加强研究與檢討，而早日明定損失估計方法。

六、參　考　文　獻

1. 田春門、黃杉崑. 1975. 六十三年葉稻熱病罹病程度與損失相關研究報告，臺灣農業，11(1):139～144。
2. 北陸統計指導官室. 1957. 水稻いもち病に關する被害現地試驗成績，農作物被害調查と研究，11:7～18。
3. 泉清一，鳥飼虔三. 1957. いもち病の被害と減收，植物防疫 11(6):245～248。
4. 岩田和夫，安部幸男. 1966. 穗いもちの被害について，北陸病害蟲研究會報，14:37～40。
5. 農林廳. 1971～1974. 六十、六十一、六十二、六十三年度臺灣省植物保護工作總報告。
6. 農林廳. 1972. 稻作病蟲害損失估計概要（油印）。
7. 農林省農林經濟局統計調查部. 1968. 夏作減收推定尺度，140～160。
8. 澤田兼吉、黑澤英一. 1927. 水稻の剪葉による減收，臺中研農部彙報，47:1～23。
9. 澤田兼吉、黑澤英一. 1927. 穗頸イモチによる減收率，臺中研農部彙報，55:1～28。

有關主要文獻

1. 中部近畿被害調查調整官室.1957. 稻熱病の被害による損傷程度と減收率との關係，農作物被害調查と研究，11:19～30。
2. 中部近畿被害調查調整官室.1957. 昭和 27 年水稻穗頸稻熱病に關する被害現地試驗成績，農作物被害調查と研究，11:31～38。
3. 中國四國統計指導官室.1957. 昭和 27 年產水稻被害調查圃（A）調查の概要，農作物被害調查と研究，11:43～52。
4. 東海近畿統計指導官室.1957. 昭和 27 年水稻葉稻熱病に關する被害調查圃調查成績，農作物被害調查と研究，11:1～6。
5. 岩田和夫、矢尾板恒雄、安部幸男.1969. 穗いもちの調查方法について，北陸病害蟲研究會報，17:63～65。
6. 岩田勉、成田武四.1960. 頸いもち病による被害の解析（講要），日、植、病、報、25(5):233。
7. 河合利雄、山中巖.1958. 穗頸及枝梗稻熱病の發生時期と被害との關係について，（講要），日、植、病、報、23(1):4。
8. 泉清一.1955. いもち病の被害解析と減收予想，農業改良，5:21～27。
9. 堀眞雄、內野一成.1958. 穗頸いもち病の發生時期による被害の差異について，中國農業研究，9:30～32。
10. 栗林數衛、市川久雄.1950. 稻熱病の被害查定に就て，長野農試彙報 33(1):21～25。
11. 栗林數衛.1957. 穗頸いもち病の發病と被害に關する調查，昭和 27 年度稻熱病に關する試驗研究成績，農作

物被害調査と研究，11:19～30、
12. 勝部利弘、越水幸男.1970. いもち病による水稻の被害機構に關する研究，第一報，穂いもちの罹病率と收量構成要素ならびに玄米品質との關係，東北農試研究報告，39:55～96。
13. 勝部利弘、越水幸男.1964. イネいもち病における罹病度表示法間の相互關係，北日本病蟲研究年報，15:23～24。
14. 勝部利弘.1973. いもち病による水稻の被害機構に關する研究，第九報，穗いもちの罹病率と玄米の榮養素含量との關係（講要），日、植、病、報，39(3):188。
15. 德永芳雄、古田力、下山次男.1956. 節イモチ病による稻の被害，東北農試研究報告，10:69～75。
16. Goto, K. 1965. Estimating losses from rice blast in Japan, In The rice blast disease: Proc. Symp. at IRRI, July, 1963:195～202. Baltimore, Maryland, Johns Hopkins Press.
17. Ou, S.H. 1972. Rice diseases. Comm. Mycalogical Inst. Kew, Surrey, England. 98～99.
18. Padmanabhan, S. Y. 1965. Estimating losses from rice blast in India, In the rice blast disease: Proc. Symp. at IRRI, July, 1963:203～222. Baltimore, Maryland, Johns. Hopkins Psess.